



## **BAB I**

### **PENDAHULUAN**

#### **1.1. Latar Belakang**

Saat ini perkembangan industri kimia di negara Indonesia berkembang secara pesat, dimana hal tersebut ditunjukkan dengan semakin banyaknya pabrik-pabrik kimia yang didirikan dan semakin meningkatnya permintaan pasar akan zat kimia. Perkembangan industri-industri tersebut juga mengakibatkan peningkatan volume limbah dari berbagai macam industri. Limbah buangan dari industri tersebut harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan atau dapat digunakan pula sebagai bahan baku industri lain. Begitu pula yang terjadi dengan industri baja yang menghasilkan produk samping berupa *pickling liquor*.

*Pickling liquor* yang merupakan produk samping dari industri baja mempunyai kandungan  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ , dan  $\text{H}_2\text{O}$ . Untuk mengurangi volume limbah dari industri baja, dilakukan pengolahan terhadap *pickling liquor*. Kandungan  $\text{FeCl}_2$  pada *pickling liquor* merupakan bahan baku pembuatan *Ferrosulfat Heptahidrat* ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ). Tetapi terlebih dahulu harus dilakukan proses pemisahan dari  $\text{HCl}$  dan  $\text{H}_2\text{O}$ .

*Ferrosulfat Heptahidrat* biasa digunakan sebagai bahan pendamping pada berbagai industri. Misalnya pada industri tinta ferosulfat heptahidrat digunakan sebagai bahan pengental. Selain itu ferosulfat heptahidrat juga digunakan sebagai bahan campuran pewarna kain pada industri tekstil.

Ferosulfat heptahidrat mempunyai peluang yang tinggi di pasaran. Namun sampai saat ini produksi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di Indonesia sangatlah terbatas. Hampir semua industri yang menggunakan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebagai bahan baku utama maupun bahan pendamping selalu mengimpor dari luar negeri. Padahal kebutuhan dalam negeri sangat banyak tetapi belum ada pabrik lokal yang memproduksi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ . Maka dari itu perlu adanya



*Tugas Akhir*  
*Prarancangan Pabrik Ferrosulfate Heptahydrate dari Pickling*  
*Liquor dan Asam Sulfat*  
*Kapasitas 20.000 Ton/Tahun*

pembangunan pabrik  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang diharapkan mampu memberi keuntungan-keuntungan, antara lain:

- Dapat memenuhi kebutuhan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di dalam negeri.
- Mengurangi ketergantungan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dari negara lain.
- Mengurangi pencemaran limbah yang dihasilkan oleh pabrik baja.
- Menciptakan lapangan pekerjaan baru dan meningkatkan pendapatan negara dengan adanya kegiatan ekspor.

## **1.2. Penentuan Kapasitas Produksi**

Kapasitas produksi merupakan jumlah output yang diproduksi oleh suatu pabrik dalam waktu tertentu. Ada beberapa factor yang mempengaruhi penentuan kapasitas produksi pabrik  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang akan didirikan, antara lain:

### **1.2.1. Proyeksi kebutuhan $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ di Indonesia**

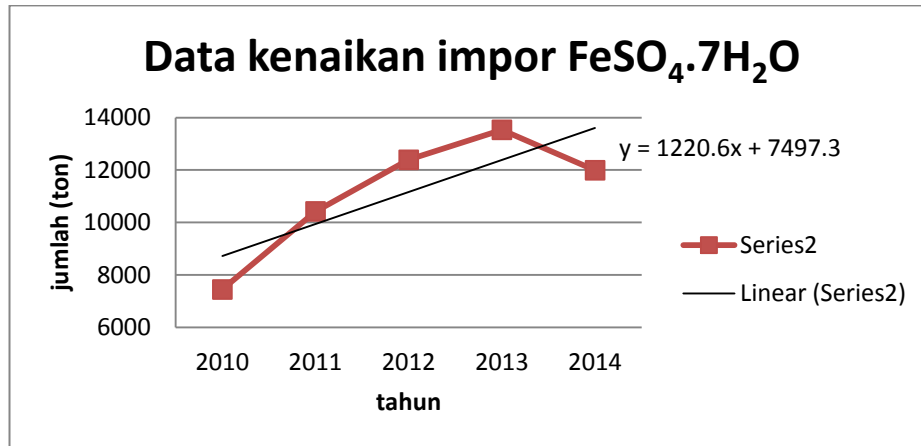
Kebutuhan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  tiap tahun semakin meningkat sehingga menyebabkan kegiatan impor pun semakin meningkat. Berikut adalah data impor  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang masuk ke Indonesia selama 5 tahun terakhir dapat dilihat pada Tabel 1.1

Tabel. 1.1. Data impor  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

No	Tahun	Jumlah (ton)
1	2010	7.447,655
2	2011	10.424,747
3	2012	12.391,583
4	2013	13.536,176
5	2014	11.994,739

(BPS, 2010-2014)

Dari tabel 1.1 dibuat grafik prediksi kenaikan linier impor  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di Indonesia seperti pada gambar 1.1



Gambar 1.1. Kenaikan Linier Impor  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Kenaikan impor  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di Indonesia dianggap linier, sehingga didapatkan nilai persamaan  $y = 1220x + 7497$ . Jumlah impor pada tahun 2020 diperkirakan dengan memasukkan nilai  $x = 2020$ , sehingga diperoleh jumlah impor sebesar 24.718,97 ton/tahun. Maka dari itu berdasarkan perhitungan prediksi jumlah impor, pabrik  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang akan didirikan pada tahun 2020 memiliki kapasitas produksi sebesar 20.000 ton/tahun.

### 1.2.2. Kapasitas Pabrik yang Sudah Ada

Sudah ada beberapa pabrik yang memproduksi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  sebagai produk utama, tetapi semuanya berada di luar negara Indonesia. Sedangkan di Indonesia sendiri  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  diproduksi hanya sebagai produk samping saja. Namun kebutuhan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di Indonesia cukup banyak, hampir semua industri tinta dan industri tekstil menggunakannya sebagai bahan pendamping. Maka dari itu kegiatan impor pun meningkat dari tahun ke tahun. Berikut ini adalah pabrik-pabrik yang memproduksi  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  beserta kapasitasnya dapat dilihat pada Tabel 1.2

Tabel 1.2. Kapasitas pabrik yang sudah ada

No	Nama Pabrik	Kapasitas
1	Add-Iron Corporation, North Lima, Ohio	15.000 ton/tahun



*Tugas Akhir*  
*Prarancangan Pabrik Ferrosulfate Heptahydrate dari Pickling*  
*Liquor dan Asam Sulfat*  
*Kapasitas 20.000 Ton/Tahun*

---



---

2	Crown Technology, Indianapolis, India	21.000 ton/tahun
3	Mineral King Minerals, Hanford, California	10.000 ton/tahun
4	QC Corporation, Cape Girardeau, Monaco	45.000 ton/tahun

Dari beberapa faktor diatas, maka diambil kapasitas produksi 20.000 ton/tahun. Kapasitas tersebut direncanakan dengan beberapa pertimbangan antara lain:

- Kebutuhan ferrosulfat heptahidrat di Indonesia akan semakin meningkat seiring berjalannya waktu. Tentu saja proses kegiatan impor masih akan terus berlangsung.
- Kapasitas pabrik yang sudah beroperasi memiliki kapasitas produksi 10.000 – 45.000 ton/tahun, sehingga pabrik yang direncanakan dengan kapasitas produksi 20.000 ton/tahun layak untuk didirikan.

### 1.3. Penentuan Lokasi Pabrik

Pendirian suatu pabrik baru perlu memperhatikan letak geografis dari daerah yang direncanakan karena letak geografis sangatlah berpengaruh terhadap kemajuan dan kesuksesan suatu usaha. Pada perencanaan pembangunan pabrik  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  dipilih Kota Gresik, Jawa Timur sebagai lokasi pendirian pabrik. Pemilihan lokasi pabrik dilakukan dengan beberapa pertimbangan antara lain:

#### 1. Ketersediaan bahan baku

Bahan baku pembuatan Ferrosulfat Heptahydrat adalah pickling liquor dan asam sulfat. *Pickling liquor* dapat diperoleh dari PT. Indo Baja Prima Murni, sedangkan asam sulfat diperoleh dari pabrik pupuk PT. Petrokimia Gresik.

#### 2. Pemasaran Produk

Pendirian suatu pabrik harus memperhatikan jarak terhadap peluang pasar. Ferrosulfat heptahydrat merupakan bahan kimia yang biasanya digunakan oleh industri tinta dan tekstil. Kota Gresik merupakan lokasi yang strategis karena dekat dengan konsumen. Berikut ini adalah pabrik-pabrik yang merupakan konsumen  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  di daerah Jawa Timur.



*Tugas Akhir*  
*Prarancangan Pabrik Ferrosulfate Heptahydrate dari Pickling*  
*Liquor dan Asam Sulfat*  
*Kapasitas 20.000 Ton/Tahun*

Tabel 1.3. Konsumen Ferrosulfat Heptahydrat di Jawa Timur

No	Industri	Lokasi
1	PT. Colorpark Indonesia	Sidoarjo, Jawa Timur
2	PT. Intimas Wisesa	Surabaya, Jawa Timur
3	PT. Eastentex	Pandaan, Jawa Timur
4	PT. Tekstil Kasrie	Pasuruan, Jawa Timur

3. Tenaga Kerja

Kota Gresik merupakan salah satu kota dengan tingkat kepadatan penduduk yang tinggi sehingga menjamin tersedianya tenaga kerja yang terampil. Meskipun tenaga kerja dinyatakan terampil tetapi harus memperhatikan pula keahlian, kualitas, upah, dan jam kerja aktif.

4. Sarana Utilitas

Utilitas sangat diperlukan guna kelancaran proses produksi suatu pabrik. Kota Gresik adalah daerah industri yang pasti sudah dilengkapi dengan sarana yang memadai seperti dekat dengan Laut Jawa dan dilewati aliran sungai Bengawan Solo.

5. Sarana Transportasi

Sarana transportasi sangat diperlukan bagi suatu pabrik dalam penyediaan bahan baku maupun pemasaran produk. Kota Gresik merupakan salah satu kota yang terletak di pesisir laut jawa, maka dari itu transportasi lewat jalur laut sangat mendukung. Selain itu akses dari dan ke kota Gresik dapat pula dilewati dengan jalur darat.

6. Kebijakan Pemerintah

Kebijakan pemerintah kota Gresik menganjurkan pengembangan industri di kota Gresik. Dengan demikian kota Gesik yang menjadi pilihan lokasi pendirian pabrik Ferrosulfat Heptahydrat merupakan pilihan yang tepat.

#### 1.4. Tinjauan Pustaka

Ferosulfat heptahidrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) berbentuk biru-hijau kristal monoklinik yang sangat larut dalam air dan agak larut dalam alkohol. Ferosulfat



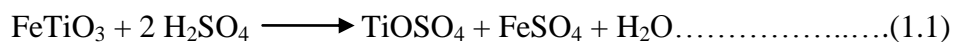
heptahidrat dikenal dengan banyak nama lainnya termasuk cupperas, vitriol hijau, dan besi vitriol. Senyawa ini *efflorescent* di udara kering. Dalam udara lembab senyawa teroksidasi menjadi kuning-coklat besi (III) sulfat dikarenakan larutan air cenderung untuk mengoksidasi. Laju oksidasi meningkat dengan peningkatan pH, suhu, dan cahaya (Kirk dan Othmer, 1979).

#### 1.4.1. Macam – Macam Proses

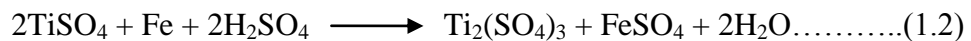
Dalam industri kimia proses pembuatan ferrosulfat heptahidrat dapat dilakukan dengan dua macam proses, antara lain:

##### 1. Hasil samping pembuatan $\text{TiO}_2$

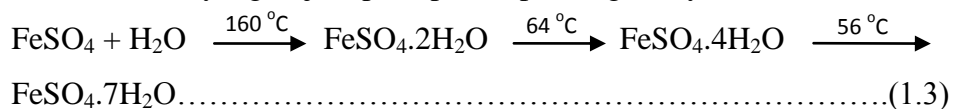
Pada proses ini konsentrat  $\text{FeTiO}_3$  direaksikan dengan asam sulfat. Proses tersebut dapat dilakukan secara batch maupun kontinyu pada suhu 443 K dan terjadi reaksi eksoterm. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



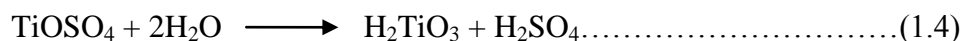
Kemudian proses dilanjutkan dengan pengurangan kandungan asam yaitu dengan menambahkan Fe ke dalam larutan. Reaksi yang terjadi yaitu:



Setelah itu dilakukan pendinginan agar terbentuk endapan ferrosulfat kristal. Reaksi yang terjadi pada proses pendinginan yaitu:



Ferrosulfat yang telah mengendap terlepas dari senyawa  $\text{TiOSO}_4$ . Senyawa titanium sulfat berubah menjadi asam metatitanic lagi dan mengendap saat ditambahkan air. Reaksi yang terjadi adalah:



Endapan yang terbentuk dibakar dengan tujuan menghilangkan air dan residu  $\text{SO}_3$ . Pembakaran dilakukan dengan suhu lebih dari  $950^\circ\text{C}$  kemudian akan membentuk hasil samping berupa  $\text{TiO}_2$ .

##### 2. Proses *Steel-Pickling*



Proses *steel-pickling* merupakan proses pembuatan ferrosulfat heptahidrat dengan cara mereaksikan *pickling liquor* dengan asam sulfat. Proses tersebut dilakukan pada reaktor tangki alir berpengaduk (CSTR) pada suhu 85 °C. Kondisi harus tetap dijaga agar ferrosulfat tidak teroksidasi menjadi ferisulfat. Untuk menghasilkan produk dengan kemurnian tinggi yaitu 99 % berat, tekanan operasi dijaga pada 1 atm. Setelah direaksikan di dalam reaktor, hasil dipekatkan di evaporator pada suhu 100 °C dan tekanan yang sama pada reaktor. Kemudian proses dilanjutkan dengan pengkristalan sampai suhu mencapai 35 °C dengan waktu operasi antara 4-9 jam. Kristal yang dihasilkan kemudian dilakukan filtering terhadap *mother liquor* sehingga menghasilkan kristal  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  yang sesuai di pasaran.

Dari kedua proses tersebut, maka proses yang akan digunakan adalah proses *steel-pickling* karena proses yang dilakukan mudah dan tidak ada hasil samping.

#### **1.4.2. Kegunaan Produk**

##### **1. Industri Tinta Cetak**

Ferrosulfat heptahidrat biasanya digunakan sebagai bahan pengental tinta.

##### **2. Industri Tekstil**

Biasanya ferrosulfat heptahidrat digunakan untuk pencampuran pewarna kain.

#### **1.4.3. Sifat Fisis dan Kimia**

##### **A. Bahan Baku**

##### **1. Pickling Liquor**

Pickling liquor mempunyai kandungan  $\text{FeCl}_2$ ,  $\text{HCl}$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ . Tetapi yang digunakan sebagai bahan baku pembuatan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  adalah  $\text{FeCl}_2$ . Berikut ini sifat fisis dan sifat kimia  $\text{FeCl}_2$ .

##### ➤ Sifat Fisis:



*Tugas Akhir*  
*Prarancangan Pabrik Ferrosulfate Heptahydrate dari Pickling*  
*Liquor dan Asam Sulfat*  
*Kapasitas 20.000 Ton/Tahun*

- Berat molekul : 162,2 g/mol
- Wujud : cairan
- Densitas : 1,7117 g/ml
- Titik lebur : 306 °C
- Titik didih : 315 °C
- Kapasitas panas : 162,819 kJ/mol.K
- Konduktivitas termal : 0,0011 W/m.K
- Tekanan uap : 14,002 mmHg
- Viskositas : 1,551 cp pada 25 °C
- Panas pelarutan : -81,9 kKal/mol
- Panas penguapan : 209,88 Joule/mol
- $\Delta G$  : -72,6 kkal/mol

(Yaws, 1999)

➤ Sifat Kimia:

- Merupakan asam Lewis yang relatif kuat
- $\text{FeCl}_2$  bereaksi dengan cepat terhadap oksalat
- Larut dalam air dan alkohol, tidak larut dalam eter
- Bersifat higroskopis

( Kirk & Othmer, 1997)

## 2. Asam Sulfat

➤ Sifat Fisika

- Berat molekul : 98,08 g/mol
- Wujud : cairan bening tak berwarna
- Densitas : 1,84 g/ml
- Titik lebur : 10 °C
- Titik didih : 337 °C
- Kapasitas panas : 139,95 kJ/mol.K
- Konduktivitas termal : 0,360 W/m.K
- Tekanan uap : 2,126 mmHg
- Viskositas : 23,54 cp pada 25°C





*Tugas Akhir*  
*Prarancangan Pabrik Ferrosulfate Heptahydrate dari Pickling*  
*Liquor dan Asam Sulfat*  
*Kapasitas 20.000 Ton/Tahun*

---

- Panas pelarutan : -193,69 kKal/mol
- Panas penguapan : 43,231 J/mol
- $\Delta G$  : -156,81 kkal/mol
- Kemurnian : 98 %

(Yaws, 1999)

➤ Sifat Kimia

- Dapat bereaksi dengan air, basa, asam lemah, dan logam
- $$\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{HSO}_4^-$$
- $$\text{Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{H}_2$$

(Kirk & Othmer, 1997)

## B. Produk

### 1. Ferrosulfat Heptahydrat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ )

➤ Sifat Fisika

- Berat molekul : 278,05 g/mol
- Densitas : 1,898 g/ml
- Wujud : Kristal biru kehijauan
- Titik lebur : 70 °C
- Titik didih : 167 °C
- Kapasitas panas : 100,56 kJ/mol.K
- Panas pembentukan : -221,3 kKal/mol, pada 25 °C
- $\Delta G$  : -195,5 kKal/mol
- Indeks bias : 1,478

(Yaws, 1999)

➤ Sifat Kimia

- Larut dalam air, tidak larut dalam alkohol
- Tidak berbau dan bersifat higroskopis
- Mudah kehilangan dua molekul  $\text{H}_2\text{O}$  apabila terkena panas berlebihan sehingga menjadi  $\text{FeSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$



(Kirk & Othmer, 1997)

#### **1.4.4. Tinjauan Proses**

Proses pembuatan ferrosulfat heptahidrat dari *pickling liquor* dan asam sulfat dimulai dari pengenceran asam sulfat 98% yang berasal dari tangki penyimpanan hingga menjadi konsentrasi 30% di dalam sebuah tangki pencampur/mixer yang kemudian diumpankan ke reaktor. *Pickling liquor* yang berasal dari tangki penyimpanan juga dialirkan ke dalam reaktor.

Di dalam reaktor, akan terjadi reaksi antara asam sulfat dan *pickling liquor* pada suhu 85°C dan pada tekanan 1 atm. Reaksi yang terjadi dalam reaktor adalah reaksi endotermis sehingga untuk menjaga suhu agar tetap 85°C perlu dilakukan pemanasan menggunakan steam yang dilewatkan pada koil. Hasil reaksi kemudian dialirkan menuju evaporator yang berfungsi untuk menguapkan sebagian air yang terkandung. Di dalam evaporator, air dan asam klorida diuapkan pada suhu 100°C. Senyawa yang tidak menguap kemudian dialirkan menuju kristaliser untuk proses pembentukan kristal. Kristal yang terbentuk masih tercampur dengan mother liquornya oleh karena itu dilakukan tahap pemisahan dengan melewati *centrifuge* dan *dryer*.

Didalam *centrifuge* kristal yang terbentuk dipisahkan dengan mother liquornya dengan bantuan air pencuci. Kemudian kristal yang lolos akan dilanjutkan dengan proses pengeringan di dalam *dryer* sehingga diperoleh produk dengan kemurnian 99%.